

**ZUR THEORIE DER
LEBENSERSCHEINUNGEN
IN COMPRIMIRTER LUFT,
ETC**

C. L. von ELSAESSER





Zur Theorie der Lebenserscheinungen

in

comprimirter Luft.

Mit einigen Notizen über die pneumatische Heilanstalt des
Herrn Dr. M. Gmelin in Stuttgart.

Von

Dr. C. L. v. Elsässer

Königl. Leibarzt, Ober-Medicinalrath.

Stuttgart.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

1866.

7405aa 22

Zur Theorie der Lebenserscheinungen

in

comprimirter Luft.

Mit einigen Notizen über die pneumatische Heilanstalt des
Herrn Dr. R. Gmelin in Stuttgart.

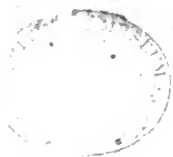
Von

Dr. C. L. v. ⁴Elsäßer
Königl. Leibarzt, Ober-Medicinalrath.

Stuttgart.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

1866.



Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

Herr Dr. Gmelin hat seine Anstalt zu Kuren in comprimierter Luft im October vorigen Jahres eröffnet. Die „Glocke“, aus Eisen construirt und mit einer bequemen, gleichfalls eisernen, hermetisch schließbaren Thüre versehen, ist in Paris fabricirt, nach dem Modell des Erfinders Tabarié, dessen Wittwe die Ausführung übernommen hat. Sie ist mit den Tabarié'schen Glocken in Montpellier, welche seit 16 Jahren unter Dr. Bertin's Leitung mit großem Erfolg in Thätigkeit sind und sich eines europäischen Rufes erfreuen, im Wesentlichen übereinstimmend. Die hinreichend erprobte neue Dampfmaschine, durch welche die Luft in die Glocke eingepumpt wird, ist württembergisches Fabrikat. Die Anstalt ist vorerst klein; Herr Gmelin beabsichtigt aber, möglichst bald eine zweite Glocke aufzustellen, auch nach Bedarf eine dritte, wozu die vorhandene Dampfkraft vollkommen ausreichen würde. Das Unternehmen ist nicht ohne große, zum Theil unerwartete, Mühen, Hemmnisse und Kosten ins Leben getreten. Wenn ich mir erlaube, hier, neben der Hauptaufgabe, einer wissenschaftlichen Besprechung der für uns ziemlich neuen Kurmethode, die Aufmerksamkeit und das Wohlwollen der vaterländischen Aerzte

für die Gmelin'sche Anstalt, die erste in Süddeutschland, in Anspruch zu nehmen, so mag dafür eine besondere Rechtfertigung in einem moralischen Verband gefunden werden, der zwischen mir und dem fraglichen Unternehmen sich gestaltet hat. Jenen Pariser Apparat hatte nämlich mein im Januar 1865 unerwartet verstorbenen Sohn Dr. Ferd. Elsässer, praktischer Arzt in Stuttgart, für sich in Bestellung gegeben. Er hatte die Absicht, die gleiche Anstalt in Stuttgart zu gründen, machte zu diesem Zweck, in Gemeinschaft mit mir, die betreffenden literarischen Studien und bereiste die französischen Anstalten, von deren Betrieb er, geführt von den leitenden Ärzten, eingehende Kenntniß nahm. Nachdem diese junge Kraft an meiner Seite gebrochen war, fand ich in Herrn Dr. Gmelin einen Nachfolger, der den Apparat käuflich übernahm, und dem ich, ohne an dem Unternehmen ökonomisch theilhaftig zu seyn, meine Förderung desselben durch Rath und That und namentlich durch Mitwirkung bei den wissenschaftlichen Arbeiten nach meinen geringen Kräften um so gerner zugesagt habe, als ich in ihm einen würdigen Kollegen verehere.

Es ist nicht meine Absicht, hier eine nähere Beschreibung der Apparate und des Betriebs einer Anstalt zu „Bädern in comprimirter Luft“ und der Anstalt des Herrn Dr. Gmelin insbesondere zu geben, welcher ohnedieß bereit ist, jeden Kollegen zu persönlicher Einsichtnahme zu empfangen. Es möge Folgendes genügen. Die Gmelin'sche „Glocke“ faßt zwei Personen, welche in derselben bequem stehen oder sich

in Fauteuils neben einem Tischchen niederlassen können. Durch vier runde Glasfenster erhält man Licht genug, um gut lesen oder schreiben zu können, selbst zur Nachtzeit, indem außerhalb derselben Gasflammen brennen. Durch eine in der Wandung angebrachte Kapsel, welche ohne störende Luftentweichung von Außen und Innen geöffnet werden kann, können beliebige Gegenstände (Briefe 2c.) hin und her befördert werden. Innen hängt ein Thermometer. Die Glocke macht von Innen und Außen den Eindruck der Eleganz und Behaglichkeit. Sie ist nur wenige Fuße von den auf zwei Seiten des Zimmers angebrachten, sehr ausgiebigen Fenstern entfernt, welche die Aussicht ins Grüne bieten. Das Haus ist ein Neubau, welcher bei der Aufstellung des Apparats noch im Werden begriffen war und nach den Bedürfnissen des letzteren durch freundliches Entgegenkommen des Bauherrn wesentlich modificirt wurde. Es ist ein zwischen Hof und Gärten frei gelegenes, stilles Hinterhaus in einem der höchstgelegenen gesündesten Stadttheile (oberer Theil der Archivstraße). Die Luft, mit welcher die Glocke gefüllt wird, kommt, rein und unberührt von Dunggruben u. dergl., von der Gartenseite zunächst in die durch Dampf getriebene Luftpumpe und von da in einen großen Recipienten, aus welchem sie in die Glocke übergeht. Ein durch den Recipienten verlaufender Cylinder kann mit Eis oder mit heißem Dampf gefüllt werden, je nachdem eine Abkühlung oder eine Erwärmung der von Außen eingetretenen Luft geboten ist, so daß die Temperatur

der Glockenluft zu jeder Jahreszeit auf der für die Kranken angemessenen gleichen Höhe erhalten werden kann. Vom Recipienten strömt die Luft in den Fuß der Glocke, über welchem ein Bretterboden angebracht ist. Man sieht weder die Oeffnungen noch hört oder fühlt man die Einströmung der Luft in irgend störender Weise. Von der Kuppel geht die austretende Luft durch ein Rohr ins Freie, communicirt aber auch durch ein enges Zweigrohr mit dem an der Wand des Zimmers angebrachten, auch von der Glocke aus ablesbaren Quecksilber-Manometer, der die Zu- und Abnahme der Luftspannung in der Glocke nach Centi- und Millimetern angibt. Ein an dem Abflußrohr angebrachter Hahnen macht es dem Aufseher jeden Augenblick möglich, nach Maßgabe des Plans und der gleichzeitig ins Auge gefaßten Manometerstellung, die Spannung beliebig zu reguliren.

Nach einem traditionellen, bewährten Gebrauch läßt man die Kranken in der Regel zwei Stunden in der Glocke verweilen, sey es nun täglich oder seltener. Man läßt in der ersten halben Stunde die Luftspannung allmählig steigen, erhält sie dann eine Stunde lang auf dem planmäßigen Maximum und läßt sie in der letzten halben Stunde allmählig wieder auf den außen bestehenden Druck zurückkehren.¹ Das Maximum übersteigt traditionell nicht leicht

¹ Gmelin hat es neuerdings angemessener gefunden, die Abspannung noch mehr zu verlangsamen, was auch Andere thun. Er verwendet für sie 40 Minuten, für die Steigung dagegen 20, während für die Druckhöhe 1 Stunde Dauer eingehalten wird.

1 1/2 Atmosphären; die Meisten, auch Gmelin, bleiben in der Regel bei 2/5 Ueberdruck stehen.

Es ist hier der Platz, von den möglichen Gefahren des Aufenthalts in comprimirter Luft im Allgemeinen (abgesehen von etwaigen pathologischen Contra-indicationen) und von ihrer Verhütung zu sprechen. Schwere, mehr oder weniger gefährliche oder wenigstens lästige Wirkungen können nur eintreten in zwei Fällen:

1) wenn die Luftspannung zu schnell gesteigert oder zu schnell vermindert wird. Schwindel, Ohnmachten, Erbrechen, Athemnoth, Blutspucken, Schlagfluß sind beobachtet worden. Doch ist das fast ausschließlich in Taucherglocken und pneumatischen Senkkästen bei Wasserbauten der Fall gewesen. Bei ihnen war aber der Druck mitunter auf drei und mehr Atmosphären gesteigert, und die Rückkehr in die äußere Luft eine zu rasche oder plötzliche. Bei der oben genannten Methode in den pneumatischen Kurapparaten kann der Wechsel des Drucks auf die Blutgefäße einerseits der Berührungsflächen und andererseits der ferner liegenden Organe keine solche Folgen haben, was bereits durch tausendfache Erfahrungen bestätigt wird.

2) wenn keine ausreichende Ventilation stattfindet. Es ist nicht zu übersehen, daß es sich nicht bloß darum handelt, den Insassen eine gewisse Luftspannung zu bieten, sondern auch, sie vom ersten bis zum letzten Augenblick eine reine Luft athmen zu lassen. In dem engen,

gegen accidentelle Strömungen hermetisch abgeschlossenen Luftraum der Glocke würden sich die giftigen Effluvia des Körpers schnell in bedrohlicher Weise ansammeln, wenn nicht ein ununterbrochener Luftwechsel stattfände, an dessen Ausgiebigkeit man offenbar selbst noch höhere Ansprüche machen muß, als in den gewöhnlichen Wohn- und Krankenlokalen. Der Kranke soll nicht bloß ebenso gute Luft als in diesen haben, sondern eine viel reinere, als ob er seine Cur, fern von allen Quellen übler Ausdünstung, unter freiem Himmel gebrauchte. Daher darf man nicht etwa in der Periode der Drucksteigung, wie es mitunter vorkommen soll, den Ausflußhähnen ganz geschlossen halten, sondern es muß vom ersten bis zum letzten Augenblick des „Bades“ genügender Zu- und Abfluß der Luft Hand in Hand gehen, wobei ein zu Viel nie schädlich, ein zu Wenig stets verwerflich ist. Daß die Ventilation aber nur dann correct ist, wenn die eingepumpte Luft nicht nur genügend schnell erneuert wird, sondern auch von Haus aus möglichst rein ist, versteht sich von selbst. Sie darf nicht aus einer unsaubern Nachbarschaft, aus dem Dunstkreis von engen Straßen, von Cloaken, Dungstätten, Stallungen, übelriechenden Fabriken u. s. w. stammen. Der Gmelin'sche Apparat entspricht diesen Anforderungen vollständig vermöge seiner ausgiebigen Dampfkraft, die von Anfang bis zum Ende zu einer mehr als genügenden Lufterneuerung verwerthet wird, sowie vermöge der reinen Gartenluft, die zur Füllung der Glocke dient.

Ich glaube nach Recht und Pflicht zu handeln, wenn ich zum Schluß dieser Vorbemerkungen meine vaterländischen Collegen auf die neue und wohlgelungene Anstalt zum künftigen Gebrauch comprimirter Luft, welche ihnen in Stuttgart geboten ist, aufmerksam mache. Es ist ihnen Gelegenheit geboten, dieses vielversprechende, in Deutschland überhaupt aber noch sehr spärlich gebotene Curmittel in der Nähe zu erproben. In dem Vorstand der Anstalt werden sie einen ebenso dienstfertigen und gewissenhaften, als wissenschaftlichen und erfahrenen Mann schätzen lernen, der, durch persönliche Einsichtnahme der auswärtigen Anstalten vorbereitet, bereits eine schöne Reihe eigener Erfahrungen gesammelt hat.

Bei der relativen Neuheit der durch comprimirte Luft vermittelten Curmethoden wird es für Manche meiner Collegen nicht unertünscht seyn, hier einige Betrachtungen über die Wirkungsweise der comprimirten Luft auf den menschlichen Körper und über ihre therapeutische Verwendbarkeit in Krankheiten entgegenzunehmen. Ich habe mir nicht zur Aufgabe gestellt, eine Aufzählung und Besprechung aller Krankheitszustände zu geben, in welchen die neue Methode an französischen, deutschen, schwedischen u. s. w. Anstalten als heilsam gepriesen wurde. Auch die Geschichte dieses Heilverfahrens, seine geographische Verbreitung liegt

außer meinem Plan. Ich habe die vorhandene Literatur ziemlich erschöpft, viel Uebertriebenes und Widersprechendes gefunden, mich aber überzeugt, daß es sich um ein Curren-
mittel von großer Bedeutung und unberechenbarer Tragweite handelt. Wir verdanken den Franzosen die Initiative in der Sache und manchen exacten Beitrag zur Theorie und Praxis. Es bleibt aber auch für die Deutschen noch viel zu thun übrig, und ich gestehe, mir erst von ihrem Fleiß und ihrer Kritik eine befriedigende Lösung der noch schwebenden Fragen und überhaupt ein nüchternes Fundament zu versprechen.

Was für mich dringendes Bedürfniß war und auch für Andere seyn wird, das ist, ein so tiefgreifendes Heilverfahren nicht ohne Weiteres auf Treu und Glauben nachzuahmen, sondern mir den physiologischen Hergang, den gesetzlichen Zusammenhang zwischen Ursachen und Wirkungen zubörderst möglichst klar zu machen. Es handelt sich ja auch nicht etwa um das Experimentiren mit einer Drogue von dunkler Zusammensetzung, sondern um die im Wesentlichen nur quantitativ modificirte Einwirkung eines bekannten und längst studirten Elements. Wir nehmen natürlich Akt von den über die Wirkung der comprimirten Luft bis jetzt gemachten Erfahrungen und exact constatirten Thatsachen, versuchen aber dieselben Schritt für Schritt nach den Lehren der Physik und Physiologie auszulegen. Wir wollen eventuell nach Gründen und mit Bewußtseyn handeln und suchen sowohl dem Empirismus mit seinen

glänzenden Erfolgen, als den schnell fertigen Theorien gegenüber einen selbstständigen, übrigens für Belehrung stets zugänglichen Standpunkt zu gewinnen.

Das Athmen in comprimirter Luft hat, was ich zur Beruhigung mancher vielleicht gegentheiliger Voraussetzungen zuerst betonen zu sollen glaube, bei gehöriger Handhabung der Methode (s. oben) keinerlei subjektive Gesundheitsstörungen zur Folge, außer einigen das Gehör betreffenden, auf die Ausgleichung der Spannung zwischen der Atmosphäre einerseits und der in der tuba Eustachii und Paukenhöhle andererseits (diesseits und jenseits des Trommelfells) befindlichen Luft zurückzuführenden Empfindungen, welche meistens bald vorübergehen, deren nähere Erörterung aber der Kürze wegen unterbleiben mag.

Die Wirkung der comprimirten Luft auf den in dieselbe versetzten Gesamtkörper läßt sich auf zwei Hauptfaktoren zurückführen: 1) auf den verstärkten mechanischen Druck, den die Berührungsflächen zwischen Luft und Körper erleiden, also a) die äußere Körperfläche und b) die Auskleidung der Respirationshöhle, nämlich die die Nase, den Mund, den Rachen, die Ohrtrompete, den Kehlkopf und die Luftröhre mit ihren Verzweigungen nach Innen begrenzenden Membranen; 2) auf den in einem gegebenen Volum (bei $1\frac{1}{2}$ Atmosphärendruck, welches Maß wir als gegeben annehmen wollen) um die Hälfte vermehrten Gehalt der Einathmungsluft an Sauerstoff (und Stickstoff).

Der erste Faktor, der vermehrte Druck, wird sich von den „Berührungsflächen“ aus in erster Linie an den im Körper enthaltenen Gasen bemerklich machen; weiter an den saftführenden Gefäßen der Berührungsflächen, deren Inhalt nach Innen ausweichen kann, also namentlich an den Capillaren der äußern Haut und der Respirations-schleimhaut. Der zweite Faktor, der vermehrte Sauerstoffgehalt der eingeathmeten Luft, wird maßgebend seyn für die Volumsgröße des Luftwechsels in den Lungen, also für den Umfang der mechanischen Athmungsexcursionen, indem diese in der Zeiteinheit um so beschränkter seyn werden, je kleiner das die instinktmäßig geforderte Sauerstoffmenge enthaltende Luftvolum ist.

Da die fraglichen Momente, namentlich die genannten zwei Hauptfaktoren, beim Athmen in verdünnter Luft den diametral entgegengesetzten Werth haben, so ist eine Vergleichung des Lebens in verdünnter Luft mit dem in comprimirter Luft von besonderem Interesse, und halte ich es für um so gerechtfertigter, einige Bemerkungen über jenes hier voranzuschicken, als dasselbe seit viel längerer Zeit von namhaften Forschern (Saussure, Gay Lussac, Humboldt, Boussingault u. s. w.) studirt worden ist und vielfach zur Aufklärung und Controlirung der die comprimte Luft betreffenden Theorie verwerthet werden kann.

In sehr verdünnter Luft (6000' und mehr Meereshöhe) findet eine vermehrte Wasserdunst- und Gasabscheidung durch die Haut und die Lungen statt, welcher stärker

Durst und verminderte Harnsecretion parallel geht. Die Flüssigkeiten des Körpers, besonders aber die in ihnen suspendirten Gase, auch die Gase des Darmkanals, dehnen sich aus; das Blut drückt, namentlich in den Capillaren der Berührungsflächen, stärker gegen deren Wandungen, daher die oft beobachteten Blutungen aus den Bindehäuten der Augen, aus Nase, Lungen, Zahnfleisch. Die die Gelenke bildenden Knochenenden werden weniger kräftig gegen einander gedrückt (Weber). Darauf ist hauptsächlich jene eigenthümliche, schon von Saussure betonte Müdigkeit zurückzuführen, welche, verschieden von der Müdigkeit schwer Kranker, während der Körperruhe nicht oder kaum zum Bewußtseyn kommt, während der Reisende ihr, zu seinem Erstaunen, nach wenigen neuen Schritten, die er macht, fast erliegt, auch wenn er nicht durch vorausgegangene Märsche erschöpft ist. Den Lungen müssen, damit dem Sauerstoffbedürfniß des Körpers Genüge geschehe, größere Volumina der dünnen Luft zugeführt werden, daher sind die Athemzüge häufiger und tiefer. Dagegen können die Lungen, auch bei forcirter Expiration, nicht bis zu einem so kleinen Volum entleert werden, als in normaler, oder gar in comprimirter Luft, weil die Expirationsgrenze nicht durch den Willen allein sondern zugleich durch den Instinkt beherrscht wird, dieser aber einen gewissen Rest von Sauerstoff auch in der Residualluft verlangt, und wenn dieser zu fehlen beginnt, zu einer raschen Wiederholung der Inspiration nöthigt. Das Volum der Residualluft, resp. der

Lungenhöhle im Stadium der Athmungspause, ist also in verdünnter Luft ein vermehrtes.

Jene gesteigerten Respirationsbewegungen sind, ähnlich wie bei starkem Lauf in gewöhnlicher Luft, begleitet von häufigen und schnellenden Herzbewegungen und Pulschlägen, von einer Beschleunigung des Kreislaufs, wobei die aspirirende Wirkung der Inspiration auf das Blut der zum rechten Herzen gehenden Venen eine gesteigerte ist. Der Brustkorb verharrt dabei in einem Zustand relativer Erweiterung, wie denn auch bei den Bewohnern hoher Elevationen, z. B. der Plateaux von Peru, ungewöhnlich weite Brustkörbe constatirt worden sind. Bei einem mehrwöchigen Aufenthalt im Engadin (6000' Meereshöhe; Barometer 22—23'' Bar.) habe ich selbst und mehrere meiner Gesellschaft ein ungewohntes, zwar nicht lästiges, aber ziemlich anhaltendes Vollseyn der Brust gefühlt, das auch durch starke Expirationen nicht zu beseitigen war.

Von weiteren Wirkungen des Aufenthalts auf sehr hohen Bergen sind zu erwähnen: dauernder Appetitmangel, Abneigung gegen alkoholische Getränke trotz des Durstes, Schläfrigkeit, Uebelsein, ohnmachtähnliche Anwandlungen mit Schwindel, Ohrensausen, welche letztere Erscheinungen eher auf Anämie des Gehirns (im Gegensatz zu der Hyperämie der atmosphärischen Berührungsflächen), als auf einem Congestionszustand desselben, wie Manche annehmen, beruhen dürften.

Zu der comprimirten Luft zurückkehrend, sprechen wir zunächst von den Wirkungen des gesteigerten mechanischen Drucks auf die Berührungsflächen. Der Druck von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären hat eine Verdichtung der betroffenen Gewebe, eine Verengerung der Gefäßlumina zur Folge. Das Blut wird weggedrückt, relativ vermindert. Es kommt auch nirgends zu Blutungen und wurden solche meines Wissens nur da beobachtet, wo, wie bei Flußbauten, die Rückkehr aus sehr starkem Druck in die gewöhnliche Luftspannung plötzlich stattfand. Auf der Oberfläche des Körpers hat man unter Anderem wahrgenommen, daß leichte Conjunctiviten in Einer Sitzung verschwanden oder sich besserten, daß Blasenpflasterwunden merklich blässer wurden, daß die Ohren weißer Kaninchen ihr rothdurchscheinendes Blut verloren. Ueber die Hautperspiration weiß man nichts Näheres; sie ist ohne Zweifel vermindert.

Auch auf der respiratorischen Berührungsfläche bewirkt der vermehrte Druck analoge Veränderungen, das Schleimhautgewebe wird dichter, dünner, flüssigkeitsärmer, relativ blutleerer. So erklärt sich ohne Zwang die (durch die verminderten Athmungsexcursionen — s. später — noch weiter begünstigte) von allen Seiten in glaubwürdigster Weise bestätigte Abnahme catarrhalisch entzündlicher Hyperämien und Infiltrationen der Respirations Schleimhaut, die mehr oder weniger rasche Besserung und Heilung von Nasen-, Kehlkopf-, Bronchien-Catarrhen,

der Heiserkeit, des Krampfhustens, der Lungenblennorrhöen, sowie der Hämorrhagieen der Luftwege. (Nach Sandahl sind die Secretionen der kranken Lungenschleimhaut während der ersten Bäder öfters vermehrt, werden aber dann allmählig vermindert und aufhörend.) Hieher gehört auch die häufig beobachtete Besserung oder Heilung der Schwerhörigkeit in Fällen, wo Schwellungen, Erosionen, Blennorrhöen, mit consecutiven Canalisationsdefecten, der die tuba Eustachii, die Paukenhöhle und das Trommelfell überkleidenden, dem unmittelbaren Luftdruck zugänglichen Membranen als Ursachen gegeben sind.

Die volumvermindernde Wirkung der comprimierten Luft wird sich besonders geltend machen an den Gasen des Körpers. Die Blutgase werden wir in dieser Beziehung später besprechen. Aber auch die Darmgase sind hier aller Beachtung werth. Ich mache darauf aufmerksam, daß die Bauchwand einen Angriffspunkt für den verstärkten Atmosphärendruck bietet, wie keine andere Abtheilung der Körperoberfläche. Hier allein fehlt auf einer großen Fläche die andertwärts gegebene Knochenunterlage. Hinter der nachgiebigen Wand lagert fast unmittelbar eine große Gasmasse, deren Spannung sich alsbald der äußeren Luftspannung accommodiren muß. Welchen Einfluß diese Verdichtung der Darmgase auf die Bewegungen, den Blutgehalt, die Secretionen des Darmrohrs hat, ist bis jetzt, scheint's, wenig beachtet worden. Ihre Beziehung zum Zwerchfell kommt später zur Sprache.

Welche Folgen hat aber, wird man nach Obigem fragen, die Wegdrückung des Bluts aus den Berührungsflächen? Wo kommt es hin, wird es nicht bedenkliche Congestionen entfernterer Organe veranlassen? Die Erfahrung lehrt, daß das Herz nicht obruirt ist, im Gegentheil ruhiger arbeitet. Kopfcongestionen treten nicht ein; ja nach Bertin (ähnlich Sandahl) fühlen sich Personen, die dazu geneigt sind, freier. Auch andere Organe bieten keine Erscheinungen excessiver Hyperämie, während die gewöhnlich beobachtete Vermehrung des Muskeltonus und des Appetits, sowie die von Einzelnen behauptete Steigerung der Harnsecretion immerhin mit einer relativ vermehrten Blutzufuhr zum Darmkanal, den Nieren, den Muskeln zusammenhängen mag. Es gehört vielleicht hieher, daß Emelin bei einer relativ großen Zahl von Kranken nach 3—4 Kurwochen profuse Diarrhoëen vorübergehend eintreten sah. Eine Wegdrückung des Bluts aus der Oberfläche mit ähnlichen inneren Effekten erfahren wir — ohne Schaden — auch in der Winterkälte; diese setzt aber, wodurch die Parallele an Werth verliert, oft genug gleichzeitig einen relativen Congestionszustand der Lungen, während die comprimirte Luft Haut und Lungen gleichzeitig von Blut entlastet.

Von besonderer Wichtigkeit und, wie mir dünkt, vielfach mißverstanden in seinen Wirkungen ist der oben

genannte zweite Hauptfaktor, nämlich der in der Volumseinheit um 50 % (bei $1\frac{1}{2}$ fachem Atmosphärendruck) gesteigerte Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft. Gehen wir von dem im Allgemeinen wohl richtigen Satz aus, daß der thierische Körper in einer gegebenen Zeit, z. B. einer Minute, so viel Luft in sich aufnimmt, daß deren Sauerstoff seinem Bedürfniß entspricht, mit andern Worten, daß das Volum der eingeathmeten Luft parallel geht mit dem Sauerstoffverlangen der Organe, so muß ein Kubikfuß comprimierter Luft, der 50 % mehr Sauerstoff enthält, das Athmen so lange und so gut zu unterhalten im Stande seyn, als $1\frac{1}{2}$ Kubikfuß gewöhnlicher Luft. Bei jenem werden also in der Zeiteinheit die Einathmungen seltener und kürzer (oberflächlicher), oder noch seltener aber ohngefähr gleich tief oder ohngefähr gleich häufig, aber viel kürzer seyn, als in gewöhnlicher Luft. Wenn ein gesunder oder mäßig kranker Mensch in gewöhnlicher Luft 16mal in der Minute einathmet und zwar je 30 Kubikzoll, so verbraucht er per Minute 480 Kubikzoll. Wird dieser Mensch in einen Druck von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären versetzt, so erreicht er seinen Sauerstoffbedarf mit 320 Kubikzoll Luft per Minute. Athmet er jetzt wieder 16mal, so hat er je nur 20 Kubikzoll Luft, athmet er 12mal, je 26,6 Kubikzoll, athmet er nur 8mal, je 40 Kubikzoll einzuziehen, um per Minute jene 320 Kubikzoll zu verzehren, welche seinem Bedürfniß entsprechen. Wenn er also auch in dem letzten Fall mit jedem Zug ein um 25 % größeres Volum Luft

aufnimmt, so athmet er dafür um 50 % seltener. In allen Fällen ist die Gesamtlänge der Athmungsexursionen in der Zeiteinheit (Minute) eine kleinere, ihr Gesamtweg ein kürzerer als in gewöhnlicher Luft.

Es kann und muß sich nun bei dieser Betrachtung freilich alsbald die Frage aufdrängen, ob nicht, trotz des als gleichbleibend anzunehmenden Sauerstoffbedürfnisses, der auf die Lungenhöhle stattfindende verstärkte Druck modificirend auf die Athembewegungen in der Weise wirke, daß in der Zeiteinheit absolut mehr Luft als nöthig in der Lungenhöhle aus- und eintritt, womit auch der Uebergang von mehr Sauerstoff ins Blut gegeben sein könnte, namentlich wenn dieser Uebergang selbst durch den stärkeren Druck noch besonders begünstigt würde? In der That ist letztere Ansicht von mehreren Schriftstellern vertreten: es dreht sich bei ihnen schließlich Alles um die vermehrte Sauerstoffaufnahme, stärkere Verbrennung, bessere Hämatoxe etc. Es ist unsere Aufgabe, an der Hand der Thatfachen diese Anschauungen zu prüfen. Auch die oben berührte Frage, ob die mechanischen Athmungsexursionen gesteigert sind oder nicht, muß uns wegen ihres praktischen Interesses näher beschäftigen, indem z. B. beim Lungenemphysem, gegen welches die comprimirte Luft vorzugsweise sich bewährt hat, eine Erweiterung der Lungenhöhle, trotz der verbesserten Hämatoxe, nicht zu unsern Kurzwecken passen würde.

Wir betrachten zunächst die mechanischen Verhältnisse der Respirationsbewegung in comprimierter Luft. Bei gewöhnlichem, ruhigem Athmen wird in der Glocke, wie auswärts, die Inspiration offenbar ausschließlich durch die Zusammenziehung des Zwerchfells vermittelt. Seine Arbeit wird einerseits erleichtert durch den stärkeren Druck der in die Lungenhöhle eindringenden Luft, andererseits aber erschwert durch den gleich starken Druck, der von Außen den Brustkorb und namentlich die nachgiebige Bauchwand mit den hinter ihr liegenden luftgefüllten Gedärmen (s. oben) trifft. Dieser Druck und Gegendruck werden sich bei ruhigem Athmen so sehr das Gleichgewicht halten, daß ein Ueberdruck auf der convergen Seite des Zwerchfells nicht zu Stande kommt, letzteres vielmehr in seinen Excursionen nach wie vor von dem Athmungs-, resp. Sauerstoffbedürfniß determinirt werden wird. Da aber der Sauerstoffbedarf seine Erledigung in einem kleineren Luftvolum findet, so wird auch das Zwerchfell entweder nicht so oft, oder nicht so tief herabsteigen, also werden die Lungen nicht so oft oder nicht so weit aufgeblasen werden, als in gewöhnlicher Luft. In der That bemerkt man in der Regel ein oft sehr weitgehendes Seltenerwerden der Athemzüge. Die Tiefe der Inspirationen aber steht offenbar in einem compensatorischen Verhältniß zu der Zahl derselben. Die darüber bis jetzt vorliegenden exacteren Beobachtungen sind größtentheils in ihrem Werth dadurch beeinträchtigt, daß

sie nicht bei ruhigem Athmen, sondern bei absichtlich forcirtem angestellt sind. Es ist aber zum Voraus anzunehmen, daß letzteres Resultate gibt, die keine allgemeine Gültigkeit haben. Wenn bei gewaltsamer Inspiration durch die Zusammenziehung der Intercostralmuskeln oder gar noch weiterer, gewöhnlich ruhender Muskelgruppen eine neue Bewegungskraft hinzukommt, welche für sich mehr als ausreicht, den gegebenen äußeren Druck auf Brustkorb und Bauchwand zu pariren, so hat die ungewöhnliche Spannung der in die Lungenhöhle einstürzenden Luft freien Spielraum, das drohende vacuum zu erfüllen und wird, eben weil sie größer ist, als die Spannung normaler Atmosphäre, unter sonst gleichen Umständen auch die Lungen stärker als diese ausdehnen, resp. die contractilen, widerstrebenden Elemente der letzteren in höherem Maße überwältigen. Es ist aber falsch, daraus zu schließen, daß bei gewöhnlichem, ruhigem Athmen das Gleiche der Fall ist.

Die Franzosen beschränken sich auf Zählung der Athemzüge. Exacte Angaben über den Umfang der Excursionen finde ich bei ihnen nicht. Bertin sagt, die Inspirationen seyen seltener, aber nicht ausgedehnter (*sans être plus étendues*); eine Vergrößerung der Thoraxhöhle, wie sie von Manchen vorausgesetzt werde, bestätige sich bei Personen mit gesunden Lungen nicht; auch bei Kranken gibt er sie nicht zu. Pravaz dagegen behauptet, die Inspiration gewinne eine größere Ausdehnung (*acquiert plus d'étendue*).

Die deutschen Aerzte v. Bivenot und G. Lange (Johannisberg) haben die Frage neuerdings eingehender behandelt. Leider haben sie fast nur mit absichtlich forcirten Inspirationen experimentirt, namentlich um die Veränderungen zu ermitteln, welche die sogen. „Vital-Capacität der Lungen“ in comprimirter Luft erleidet. Unter letzterer versteht man seit Hutchinson bekanntlich das mit dem Spirometer gemessene Volum der nach einer möglichst tiefen Inspiration durch eine möglichst große Expiration ausgeleerten Athmungsluft, welche, wenn man die (freilich für den einzelnen Fall sehr verschiedene und nur schätzungsweise zu bestimmende) „Residualluft“ hinzurechnet, einen Schluß auf den Volumgehalt der Lungenhöhle bei der möglichen „Maximalfüllung“ erlaubt. Daß diese Vital-Capacität in comprimirter Luft größer ausfällt, daß sie bei wiederholter, namentlich bei Wochen und Monate lang fortgesetzter Anstellung jener gewaltsamen Versuchsaathmungen schließlich einen mehr oder weniger bleibenden Charakter annehmen kann, ist mit unsern obigen Sätzen nicht nur nicht im Widerspruch, sondern findet in ihnen seine Erklärung.

So fand v. Bivenot bei „tiefstmöglicher“ Inspiration (bei um $\frac{3}{7}$ gesteigertem Atmosphärendruck) das Zwerchfell um $1\frac{1}{2}$ bis 2 Centimeter tiefer stehend, und die Herzdämpfung kleiner, als bei demselben Akt vor dem Bad. Die Lungen-Capacität vergrößerte sich durchschnittlich um $\frac{1}{31.5}$ oder 3,3 %, wovon die Hälfte auch nach dem Bad

stationär blieb. Ja v. Bivenot selbst hatte, nachdem er in stark $4\frac{1}{2}$ Monaten 122 Bäder in comprimierter Luft genommen — unter, wie ich hinzufüge, regelmäßig wiederholten spirometrischen Versuchen, resp. Athmungsforcirungen — seine ursprünglich, unter normalem Druck, 3051 Kubikcentimeter betragende Lungen-Capacität allmählig auf 3794 (im Bad selbst sogar bis 3981) gesteigert, welche Höhe sie aber schon nach 91 Bädern erreicht hatte und auf welcher sie sich später nahezu constant erhielt. Sie hatte um 24 %, fast $\frac{1}{4}$ ihrer ursprünglichen Größe, zugenommen! Das Zwerchfell stand drei Wochen nach dem letzten Bad noch 2 Centimeter tiefer als vor den Versuchen. Dabei war, worauf wir zurückkommen, v. Bivenots Respirationsfrequenz nach fast dreimonatlichem, täglich zweistündigem Gebrauch der comprimierten Luft von 20—16 in der Minute bei normalem Druck auf 4,5 bis 4,0! (in der Glocke sogar auf 3,4) gesunken; dieses blieb stationär und noch 5 Monate nach Aussetzen der Bäder betrug sie nicht über 5 bis 4 in der Minute!

Diese Ergebnisse, an deren Richtigkeit, wenigstens im Groben, nicht gezweifelt werden soll, sind interessant genug und unverkennbar von großer therapeutischer Tragweite. Man muß sich aber doch die von v. Bivenot unbesprochen gelassene Frage erlauben, ob das Alles bloß Wirkung des langen Einathmens einer dichteren Luft ist, ob nicht auch jene Monate lang täglich wiederholten spirometrischen Athmungsforcirungen als solche einen wesentlichen

Antheil an den Resultaten hatten, ob und in wie weit sich daraus Schlüsse ziehen lassen auf den Umfang der Athmungsexcursionen und die mechanische Gestaltung der Lungenhöhle bei gewöhnlichem ruhigem Athmen in comprimierter Luft? Es ist von den Turnplätzen bekannt, daß fortgesetzte Uebungen mit Laufen, Klettern u. s. w., bei welchen gleichfalls forcirte Athembewegungen gegeben sind, nicht nur den Thorax bleibend erweitern, sondern allmählig auch mit einer viel geringeren Zahl von Athemzügen (und Pulsschlägen) vollführt werden, als bei Beginn der Uebungen. Die große Metamorphose aber, welche mit v. Bivenots Athmungsapparat vor sich gegangen ist und welche sich hoffentlich nicht als bleibender Defect herausstellen wird, dürfte für Gesunde wie Kranke nur selten als wünschenswerthes Ziel des Gebrauchs der fraglichen Bäder angesehen werden.

v. Bivenot versäumte nicht, an einigen Personen die Differenz zu messen, welche der Brustumfang an den Grenzpunkten der In- und der Expiration auch bei gewöhnlichem, ruhigem Athmen in comprimierter Luft zeigt und sie mit den Ergebnissen vor und nach dem Bad zu vergleichen. Es stellte sich dabei heraus, daß jene Differenz oder die „mittlere Thoraxbeweglichkeit“ zunimmt, stets übrigens mit parallel gehender Abnahme der Frequenz der Athemzüge. Wir erfahren dabei nichts über die absolute Inspirationsgrenze, welche uns nicht minder interessirt hätte, so daß das plus jener Differenz ebenso gut auf

Rechnung einer weiter als in normaler Luft ausgedehnten Expiration (einer kleineren Residualluft), als einer tieferen Inspiration fallen kann. v. Bivenot scheint letzteren Faktor als selbstverständlich anzunehmen, weil ihm die „Lungen-Capacitäts“-Experimente ohne Weiteres auch den Maßstab für das gewöhnliche Athmen geben. Da außerdem die zu den letztgenannten Versuchen verwendeten Personen (in erster Linie er selbst) vor- und nachher immer wieder spirometrisch angestrengt wurden, so ist der Schluß aus jenen Resultaten, daß in comprimierter Luft auch bei gewöhnlichem Athmen „die Tiefe der Athemzüge und die Lungen-Capacität eine Zunahme erfahren,“ vorerst nicht ohne einige Bedenken entgegen zu nehmen.

v. Bivenot berichtet selbst über ein „einigermaßen abweichendes Ergebnis“ an der Person seines Kollegen G. Lange. Dieser, mit einer ungewöhnlich großen „Lungen-Capacität“ ausgestattet, athmete (ruhig) in normaler Luft 13.2mal per Minute, mit einer „mittleren Brustbeweglichkeit“ von 80.4 Millimeter, dagegen in comprimierter Luft 11.6mal mit 55.2 Millimeter. „Es hatte somit bei ihm sowohl die Frequenz, als auch die Tiefe der Athemzüge abgenommen.“ Dieser Sachverhalt dürfte aber bei gewöhnlichem, ruhigem, nicht durch forcirte Experimente beeinflusstem Athmen nicht eine Ausnahme, sondern die Regel seyn, namentlich wenn eine größere Zahl von Individuen verglichen wird. Die Hauptursache der Verschiedenheit in den Erfunden liegt offenbar in der Athemsfrequenz. Lange

athmete in der Glocke kaum langsamer, als außer derselben. Wer, wie v. Bivenot, von 18 Respirationen auf 4 herunter kommt, muß freilich den Abgang an Zahl durch die Tiefe einigermaßen ausgleichen, und können in solchen extremen Fällen die Inspirationen wohl tiefer werden, als bei normalem Atmosphärendruck.

In der That ist neben der Größe der Athmungsexcursionen auch ihre Frequenz ein theoretisch und praktisch gleich beachtenswerthes Moment. Ein Seltenerwerden ist überall beobachtet. Ein Bruchtheil desselben ist bei zweistündigem ruhigem Sitzen in der Glocke natürlich auf Rechnung der Ruhe zu setzen. (Controleversuche mit gleich ruhigem Sitzen in normaler Luft unter sonst gleichen Umständen würden zur Sicherung des Resultats beitragen, was auch für andere Fragepunkte gilt.) Prapaz, G. Lange u. A. behaupten, daß die Zahl der Athemzüge besonders bei Kranken vermindert werde. Nun bei Lange selbst, der gesund gewesen zu seyn scheint, war die Verminderung allerdings unbedeutend, bei dem gleichfalls gesunden (?) v. Bivenot desto bedeutender. Lutscher untersuchte (in Rizza) 9 Personen in 6 gemeinschaftlichen Sitzungen. Darunter waren (mit ihm) 3 Gesunde. Bei ihnen war (während des höchsten Druckes) die durchschnittliche Verlangsamung viel beträchtlicher, als bei den übrigen mehr oder weniger Kranken. Bei einem gesunden Herrn fiel die Frequenz von 17 (vor

dem Bad) so sehr ab, daß er bei wiederholter Zählung in 2 Minuten nicht ganz 6 Inspirationen machte! Offenbar liegen in der Constitution, dem Temperament, der Art des Krankseyns, in zufälligen Umständen individuelle Gründe der größeren oder kleineren Athemfrequenz, und sind „Regeln“ auch hier erst zu schaffen. (Auch darf wohl daran erinnert werden, daß das Athemzählen nicht so leicht und einfach ist; Gesunde wie Kranke machen zwischen umfanglicheren Excursionen häufig oberflächlichere, leichtere, welche leicht übersehen werden.)

Alle diese Veränderungen in dem Mechanismus des Athemholens sind übrigens nach dem Zeugniß sämtlicher Schriftsteller bei Gesunden wie Kranken von keinerlei unangenehmen Empfindungen, sondern ziemlich constant von einem relativ behaglichen Gefühl begleitet: das Athmen geschieht „unbewußter“ als vorher.

Wir müssen, ehe wir weit r gehen, auf die Wirkungen des willkürlich gesteigerten, forcirten Athmens in comprimirter Luft zurückkommen. Wie wir gesehen, fordert die Theorie, daß eine über das gewöhnliche, ruhige Zwerchfells spiel hinausgehende Inspirationsanstrengung in comprimirter Luft eine beträchtlichere Erweiterung der Lungenhöhle setzen muß, als dieselbe Anstrengung in normaler Luft. Daß eine häufige Wiederholung dieser Anstrengungen eine mehr weniger nachhaltige Ausdehnung der Lungen und

des Brustkorbs zur Folge hat, geht aus den v. Bivenot-Lange'schen Erfahrungen wohl unbestreitbar hervor, und ist ihnen die Wissenschaft für dieses Ergebniß ihrer Versuche zu großem Dank verpflichtet, wenn ich auch den Schlüssen, die v. Bivenot aus denselben zieht, sofern sie den Einfluß der comprimirten Luft auf den Organismus im Allgemeinen auch bei gewöhnlichem, ruhigem Athmen betreffen, vorerst nicht beipflichten konnte. Die therapeutische Tragweite jener durch willkürlich gesteigerte Athmungsexcursionen zu erzielenden Ausdehnung des Brustkorbs und weiteren Entfaltung der Bronchien und Lungenalveolen in comprimirter Luft liegt auf der Hand und öffnet ein besonderes Gebiet für deren curative Verwerthung.

Für den mechanischen Theil des Athmungsgeschäfts in comprimirter Luft ergeben sich nach dem Bisherigen folgende Resultate: 1) der mathematische Gesamtwertb der Athmungsexcursionen in der Zeiteinheit (z. B. 10 Minuten) ist ein verminderter. Es ist also eine verminderte Bewegung, eine relative mechanische Ruhe des Athmungsapparats gegeben. 2) Diese Bewegungsverminderung spricht sich theils in der Frequenz der Athemzüge, theils in der Tiefe der Inspirationen aus, jedoch in wechselndem Verhältniß. Je gleicher die Frequenz der normalen bleibt, desto leichter werden die Inspirationen. Je geringer die Frequenz, desto mehr nähert

sich die Tiefe der Inspiration der normalen. Bei extremer Frequenzverminderung kann die Tiefe das normale Maß übersteigen. Auch in diesem Fall, wie in den früheren, bleibt aber die in der Zeiteinheit zurückgelegte Wegstrecke der Excursionen eine kürzere, als in normaler Luft. 3) Bei gewaltsamen Ein- und Ausathmungen treten in comprimierter Luft größere Luftvolumina aus und ein und werden die Lungen stärker ausgedehnt, als bei gleichen Anstrengungen in normaler Luft.

Die in den letzten Abschnitten verhandelte Modification der Athmungsbewegungen in comprimierter Luft ist, wie kaum eine andere ihrer Wirkungen, von größter therapeutischer Bedeutung. Die relative Ruhe des Respiationsapparats, sein Arbeiten in kleinerem Raum, in Verbindung mit dem geringeren Blutgehalt des Organs (s. früher) und mit der später zu besprechenden Verlangsamung des gesammten Blutlaufs — alles dieses ohne Beeinträchtigung der chemischen Prozesse — bietet ein Gesammtresultat, das in einer Reihe pathologischer Zustände, zunächst der Lungen selbst, unsern Indicationen in erwünschtester Weise gerecht wird, ohne daß wir uns über störende Nebentwirkungen zu beklagen hätten, wie sie unsern zu ähnlichen Zwecken angewendeten Blutentziehungen, Chloroformeinathmungen, Eisblasen, Digitalis und andern Medicamenten so häufig ankleben. Wie oft möchten wir der

gereizten, congestionirten, hastig arbeitenden, durch reflectorischen Husten erschütterten Lunge nur auch einige Viertelstunden mechanischer Ruhe verschaffen, damit sie, wie ein wundet Glied in seinem Verband, sich einigermaßen erholen könnte. Das Athmen muß natürlich fortbestehen, die Bewegungen des Organs, so sehr sie seinen Reizzustand unterhalten und steigern, können kaum auf Augenblicke unterbrochen werden; es ist aber von großem Werth, wenn wir diese Bewegungen ohne Beeinträchtigung der Function (des nöthigen Gasaustausches) stundenlange nach Zeit und Raum so sehr beschränken können, daß die örtlichen Heilungsvorgänge eher Platz greifen und sich entwickeln können. Diese relative Ruhe ist den Lungen in comprimierter Luft geboten. Schon daraus ist die übereinstimmend constatirte, theils palliative, theils, bei längerem Gebrauch, anhaltende Heilwirkung in Fällen von chronischer laryngitis und bronchitis, Krampfhusten, Hämoptoe zu erklären.

Beim vesiculären Lungenemphysem wird die comprimte Luft günstig wirken, weil sie 1) den dieses Uebel in der Regel begleitenden und zu seiner dauernden Steigerung wesentlich beitragenden Bronchial-Catarrh beschränkt (vergl. oben) und 2) der Lungenhöhle gestattet, in kleineren Umfangsgränzen zu arbeiten. Emphysematiker passen nicht auf hohe Berge (Rigi, Engadin u. s. w.), haben aber in comprimierter Luft Besserung, ja Heilung zu erwarten. In dieser ziehen sich die Bronchiolen und Alveolen zusammen, weil sie ihren Sauerstoffbedarf in einem kleineren Luft-

volum finden; an die Stelle des vorher durch die übermäßige Expansion gesetzten halbparalytischen Verhaltens tritt mit der jetzt gegebenen Reduction auf ein kleineres Volumen, unterstützt durch die Seltenheit der Excursionen, die Möglichkeit ein, daß ihre musculären und elastischen Elemente sich besser nähren, an Masse, Contractilität und Widerstandskraft gewinnen. Ja, Bertin will reine Lungenemphyseme sämmtlich, die mit Menorrhoe oder nervösem Asthma complicirten größtentheils geheilt haben, während Sandahl wenigstens eine wesentliche Besserung erreicht zu haben behauptet.

Was ist von der comprimirten Luft bei Lungentuberculose zu erwarten? Ihre sedative Wirkung bei den die letztere begleitenden Reizungszuständen, in Verbindung mit der später zu besprechenden nutritionsbefördernden Wirkung, ist wichtig genug, um Beachtung zu verdienen. Zu einer eigentlich curativen Wirkung würde mehr gehören und kann eine solche wohl nur im ersten Stadium der Krankheit und bei derjenigen Beschaffenheit des Brustkorbs und der Lungen erwartet werden, welche ein disponirendes Moment für die Krankheit bildet. Die Lungentuberculose hat erfahrungsmäßig nicht selten eine hereditäre Grundlage, sich kundgebend in schwächlicher Entwicklung überhaupt und einem schmalen Brustkorb mit kleinen Lungen insbesondere. Begünstigend wirkt kümmerliches Leben von Kindheit auf, Mangel an Bewegung, namentlich Aufenthalt in feuchten, schlechtventilirten Wohnungen und Arbeits-

lokalen, Momente, welche, neben schlechter Blutbildung, gleichfalls zu unvollkommener Entfaltung der Lungenalveolen Veranlassung geben. Es ist durch zahlreiche Untersuchungen von Hutchinson, Wintrich u. A. (vgl. Arnold über die Athmungsgröße des Menschen. Heidelberg 1855) nachgewiesen, daß die Athmungsgröße in der Lungentuberculose bedeutend vermindert ist und zwar schon beim Beginn der Krankheit, zu einer Zeit, wo von anderer Seite oft noch kein fester Halt für die Diagnose geboten ist. Es ist ebenso rationell, als durch die Erfahrung erprobt, daß man solchen Kranken Gelegenheit bietet, größere Mengen reiner Luft einzuathmen und dadurch allmählig eine Erweiterung des Lungenraums zu erreichen. Wir verordnen entsprechende gymnastische Uebungen, Inhalationen (Ramadge), Commercuren in milder Gebirgsluft. Die Bäder in comprimierter Luft nun liefern, gut geleitet, eine bessere Athmungsluft als gewöhnliche Wohnungsräume; sie heben außerdem die Ernährung und den Muskeltonus und wirken, was bei Tuberculösen so wichtig, sedativ auf die Respirations- und Circulationsbewegungen und insbesondere auf die begleitenden Reizungszustände der Lungen selbst. Dabei sind sie auch für die fragliche Aufgabe der mechanischen Lungenentfaltung wohl zu verwerthen. Letztere Wirkung wird schon bei gewöhnlichem, ruhigem Athmen in solchen (seltenen?) Fällen eintreten, wo aus individuellen Gründen die comprimirte Luft an und für sich schon eine mehr oder weniger extreme Verlangsamung der Inspirationen mit

compensatorischer Vertiefung bewirkt. Sie kann aber in allen übrigen Fällen dadurch herbeigeführt werden, daß man während des Bads durch willkürliche Steigerung der respiratorischen Muskelactionen den Inspirationen eine größere Ausdehnung verleiht. Dieß wird erreicht durch Vorlesen, durch Rück- und Aufwärtsbewegung der Arme, durch längeres Zurückhalten der inspirirten Luft, kurz durch eine entsprechende Respirationsgymnastik, welche aus früher erörterten Gründen in comprimirter Luft bei gleicher Muskelanstrengung größere mechanische Erfolge liefert, als unter gewöhnlichem Atmosphärendruck, während sie dort zugleich mit geringerer Gefäßaufregung und Congestionirung des Lungengetriebes verbunden ist.

Eine größere Entfaltung des Brustkorbs und der Lungen, im Ganzen oder in einzelnen Partien, bringt sich als therapeutisches Desiderat weiter auf bei Atelectasieen, Gewebsinfiltrationen, Compressionszuständen in Folge von pleuritischen Exsudaten oder von Difformitäten der knöchernen Wandung. Auch über ihre Heilung oder Besserung in comprimirter Luft liegen glaubwürdige Erfahrungen in Menge vor und ist selbstverständlich, daß auch hier ein mit rationeller Gymnastik combinirtes Verfahren den Erfolg begünstigen, oft aber wesentlich bedingen wird. Für die Vertreter des constant tieferen Inspirationsmodus in comprimirter Luft, den ich nicht anerkenne, sind solche accessorische Maßregeln nicht einmal nothwendig, während sie nach meiner Anschauung von wesentlicher Bedeutung

sind. Sie werden es namentlich auch dann seyn, wenn es sich nicht darum handelt, die ganze Lungenhöhle auszu dehnen, sondern vielmehr nur eine Hälfte, einen Theilabschnitt des Organs. Hier muß durch entsprechende Stellung, Haltung und Muskelanstrengung der gesunde oder gar krankhaft erweiterte Theil in seiner Ausdehnung beschränkt, der infiltrirte, verödete dem einströmenden Luftstrom zugänglicher gemacht werden.

Es ist zur Beurtheilung der eben verhandelten vorzugsweise mechanischen Veränderungen des Athmungsorgans in comprimirter Luft von besonderem Interesse, die betreffende Sachlage in verdünnter Luft näher in Betracht zu ziehen. Daß und warum die Athemzüge in verdünnter Luft in der Regel häufiger und tiefer sind, während sie in comprimirter Luft seltener und leichter werden, ist oben ausgeführt. Die Wirkung der zwei extremen Luftspannungen ist in dieser, wie in allen andern Beziehungen des physiologischen Verhaltens diagonal auseinander liegend. Diese Differenz im Ganzen gibt auch v. Bivenot zu. Seiner durch die spirometrischen Experimente nach meiner Meinung befangenen Theorie zulieb aber, nach welcher die Inspirationen in comprimirter Luft stets tiefer seyn sollen, als in normaler Luft, muß jene Differenz sich in Einer Beziehung eine Ausnahme gefallen lassen, nämlich

eben in der Tiefe der Inspirationen, sofern diese, wie v. Bivenot zugibt, in verdünnter Luft gleichfalls größer ist, als in normaler. Hier allein findet also nach ihm eine „Coincidenz“ statt, welche er nicht ohne Zwang zurechtzulegen sucht. Ich glaube, daß auch hier die diagonale Differenz Regel ist. Wie aber in comprimierter Luft ausnahmsweise und aus individuellen Gründen die Inspirationen extrem selten, dann aber compensatorisch so tief werden können, daß sie die gewöhnliche Tiefe noch übertreffen, so kommen gewiß auch in verdünnter Luft Fälle von extremer Steigerung der Frequenz vor, mit welcher eine geringere Tiefe der Inspirationen Hand in Hand geht, so daß diese selbst kürzer, oberflächlicher werden, als in gewöhnlicher Luft. Der Gesammtwerth der mechanischen Excursionen in der Zeiteinheit bei ruhigem Athmen wird aber in verdünnter Luft stets größer seyn, als in comprimierter. (Daß bei extremer Steigerung der Verdünnung, sowie der Verdichtung, also auf dem Montblanc, Chimborasso, andrerseits in Senfkästen bei Flußbauten pathologische Verhältnisse eintreten können, welche für die Theorie der Athmungsbewegungen innerhalb der curativen Luftdruckdifferenzen nicht mehr maßgebend sind, ist selbstverständlich: ihre Verfolgung gehört nicht hieher.)

v. Bivenot schließt ferner aus seinen Versuchen, daß die Athmungsgröße oder Lungencapacität in verdünnter Luft abnehme, sofern der Spirometer bei forcirten Athmungen in derselben geringere Mengen von Expirationsluft

Gläser, über comprimte Luft.

ausweise, als in normaler, und ohnedieß viel geringere, als in comprimirter Luft. Wenn ich auf diese Behauptung näher eingehe, so geschieht es, weil v. Bivenot daran folgende Bemerkung anknüpft: „Wie nun eine demartige Verminderung der in die Lunge eingeführten Luft (um nahezu die Hälfte) einen heilbringenden Faktor bei Lungenkrankheiten abgeben soll, wie mehrfach behauptet wird, ist schwer zu begreifen. Auch widerlegt sich durch diese Thatfache schlagend von selbst die Behauptung, daß, bei Aufenthalt auf hohen Bergen, durch verdünnten Luftdruck die Lungencapacität vergrößert werde.“ Es handelt sich also hier um eine sehr praktische Frage, um die Frage, ob die längst und in großer Ausdehnung geübte Methode, gewissen Lungenkranken einen Sommeraufenthalt auf Berg Höhen, einige tausend Fuß über dem Meer, anzuweisen, wirklich eine so verfehlte und widersinnige ist. Wir schicken Personen mit schmalem Brustkorb, tuberkelverdächtigen, comprimirten, chronisch-infiltrirten Lungen in geschützte, milde hochgelegene Gegenden, nicht bloß zur Zerstreuung und zum Milch- oder Molkentrinken, sondern weil wir erwarten, daß sie bei langem, mit mäßiger Bewegung und Athmungssteigerung verbundenem Verweilen in der dünneren Luft eine größere Ausdehnung der Lungenhöhle und des Brustkorbs gewinnen. Davon soll nun gerade das Gegentheil zu gewärtigen seyn: es sey verkehrt, solche Kranke nach Gais, Heiden, auf das Riesengebirg, den Rigi &c. zu schicken. An den v. Bivenot'schen Versuchen

(welche in demselben Apparat, der sonst zu comprimirter Luft dient, mit verdünnter Luft angestellt wurden) ist, wenn sie zu so weit gehenden praktischen Schlüssen verwerthet werden sollen, zunächst auszusetzen, daß sie sich nicht etwa auf den Luftwechsel bei ruhigem Athmen in einem gewissen Zeitraum, z. B. einer Minute beziehen, sondern je nur auf Eine forcirte Ein- und Ausathmung. Diese mag, ja muß immerhin ein geringeres Luftmaß ergeben, als der gleiche Act in normaler oder gar in comprimirter Luft. Dieser Defect wird aber mehr oder weniger ausgeglichen durch die größere Frequenz des Athmens in verdünnter Luft. Außerdem aber handelt es sich in praktischer Beziehung gar nicht um das bei einem einzelnen spirometrischen Versuch resultirende Luftvolumen, sondern um den Grad der durchschnittlichen, resp. permanenten Lungenfüllung. Wir geben aus theoretischen Gründen zu, daß eine „tiefste“ Inspiration in verdünnter Luft an Umfang stark zurückbleibt hinter einer solchen in comprimirter Luft, auch, wiewohl weniger, in normaler Luft. In comprimirter Luft vermehrt die größere Spannung der Luft die Behemenz ihres Einstürzens in die Lungenhöhle. Aber auch bei der Expiration ergibt sich nothwendig ein plus der entleerten Luftmenge für die comprimirte, ein minus für die verdünnte Luft. Die räumliche Grenze der Expiration, auch der forcirten, wird nicht allein durch die Willenskraft und die Architectur des Brustkorbs, sondern auch durch den Instinct fest-

gestellt: die Residualluft muß stets eine gewisse absolute Menge von Sauerstoff übrig behalten, wenn nicht Asphyxie eintreten soll; sobald jener zu fehlen beginnt, so tritt das instinctmäßige Gebot einer neuen Inspiration ein, womit die Expiration ein Ende hat. Jene residuale Sauerstoffmenge ist aber in verdünnter Luft an ein viel größeres Luftvolum gebunden, als in comprimierter Luft; es bleibt also in verdünnter Luft auch bei möglichst forcirter Expiration eine viel größere Luftfüllung der Lungenhöhle zurück, als in comprimierter Luft. Wenn aber weder die forcirte Inspiration, noch die forcirte Expiration in verdünnter Luft so weit geht, als in comprimierter Luft, die beiderseitigen Grenzen vielmehr dort näher beisammen liegen als hier, so ist daraus wohl erklärlich, daß die spirometrische Lungencapacität in verdünnter Luft sich als eine verminderte herausstellt. Andererseits ist es aber klar, daß eine „Abnahme der Lungencapacität überhaupt“ in verdünnter Luft daraus keineswegs zu entnehmen ist. Es bleibt vielmehr die Thatsache stehen, daß die Inspirationen in verdünnter Luft tiefer und häufiger sind als in normaler; es ist ferner ziemlich sicher anzunehmen, daß in jener nach der Expiration stets ein größeres Volum von Residualluft gegeben ist. Es ergibt sich aber daraus der Schluß, daß in verdünnter Luft der durchschnittliche Umfang des Brustraums ein weiterer, die durchschnittliche Füllung der Lungenhöhle eine voluminösere ist, als in normaler Luft. Die obengenannten spirometrischen Erfahrungen stehen damit

nicht in Widerspruch: die forcirte „Athmungsgröße“ und „Lungencapacität“ ist kleiner, dabei und trotzdem aber die durchschnittliche Lungenausdehnung in verdünnter Luft größer (ein stehendes Hypervolum) und es bleibt die Ver-
setzung der fraglichen Kranken auf Berghöhen eine wohl-
begründete, auch abgesehen von der Thatfache, daß in
Bevölkerungen über einige 1000 Fuß Meereshöhe die
Lungentuberculose fast unbekannt ist. Daß Tuberculose
bei längerem Gebirgsaufenthalt an Thoraxumfang und
Lungencapacität gewinnen, hat kürzlich Brehmer (Deut.
Klinik 1865 Nr. 13 fg.) an vielen Beispielen wiederholt
gezeigt.

Wir können diese größere Ausdehnung der Lungen-
höhle und des Brustkorbs nach Obigem auch in compri-
mirter Luft erreichen, wenigstens beim Hinzutreten einer
entsprechenden Gymnastik. Das Leben und Herumgehen
auf Berghöhen ist immerhin angenehmer, als das tägliche
mehrstündige Sitzen in der Glöcke mit gymnastischen Uebungen.
Dabei ist aber zu Gunsten des letzteren hervorzuheben, daß es
gleichzeitig verlangsamend und beschränkend auf die Lungen-
und Herzbewegungen wirkt und die Blutfülle der respiratori-
schen Schleimhaut vermindert, während verdünnte Luft diese
Wirkung nicht hat, vielmehr bei erethischen Kranken das
Gegentheil befürchten läßt. Wenn Fuchs (Med. Geographie)
behauptet: „um den Andrang des Bluts nach den Lungen
zu mindern, muß der Kranke einem geringeren Luftdruck
ausgesetzt, auf Berge versetzt werden“, so ist das offenbar

eine irrige Auffassung. Wir haben in verdünnter Luft eher eine vermehrte Füllung der Lungencapillaren zu gewärtigen, ein Resultat, das bei mäßiger Meereshöhe kaum zu bemerken seyn wird, auf höheren Bergen aber dem Kurzwed hinderlich werden kann.

Wir reihen den mechanischen Athmungsverhältnissen einige Bemerkungen über den respiratorischen Gasaustausch in comprimirter Luft an. Der Umstand, daß die eingeathmete Luft nicht nur in gleichem Volum beträchtlich mehr Sauerstoff enthält, sondern auch unter einem stärkeren Druck steht, als in gewöhnlicher Atmosphäre, hat es Vielen als selbstverständlich erscheinen lassen, daß der Körper in comprimirter Luft mehr Sauerstoff aufnehme. Ob etwa im Gesamtorganismus Erscheinungen auftreten, die von einer solchen Uebersättigung mit Sauerstoff Zeugniß ablegen, wollen wir später noch besprechen. Hier soll zunächst das in Kürze zusammengestellt werden, was unmittelbar beobachtet worden ist und nach analogen Erfahrungen zu erwarten steht.

Nach Regnault und Reiset's Versuchen findet bei Thieren, welche man in einer mit der zwei- bis dreifachen Menge Sauerstoffs versetzten Atmosphäre athmen läßt, keine bemerkenswerthe Vermehrung der Sauerstoffaufnahme und eben so wenig der Kohlensäureausscheidung statt. Ähnliches fand schon Lavoisier. Dieses Resultat ist aber,

sagt man, auf unsere Frage nicht anwendbar, weil dort nicht bei verstärktem Druck experimentirt wurde. Nun ist aber, glaube ich, wohl zu beachten, daß der comprimirte Gesamtleib (es handelt sich nicht um einen einseitigen Druck auf die Lungenhöhle) einschließlich seines Bluts (s. später) jenem äußern Druck alsbald einen gleichwerthigen Gegenruck entgegenstellt, so daß wenigstens von einer Spannungsdifferenz nicht mehr die Rede seyn kann. Allerdings lösen sich nach Biot Gase in einer Flüssigkeit um so reichlicher auf, je größer der Druck ist, dem sie ausgesetzt sind. Es fragt sich aber, ob dieser Satz auf unsern Fall ohne Weiteres Anwendung findet. Nach L. Meyer's Versuchen nimmt wenigstens das dem lebenden Körper entnommene (defibrinirte) Blut aus einer gespannten Sauerstoffatmosphäre kaum mehr Sauerstoff auf, als aus einem mit gewöhnlichem Atmosphärendruck ausgestatteten. Dazu kommt aber, daß sich nicht etwa zwei gleich große, mit der gleichen Flüssigkeit gefüllte Schalen zur Vergleichung gegenüberstellen; vielmehr ist das Druckobjekt in comprimter Luft räumlich ein anderes geworden. Wäre die Berührungsfläche zwischen Gas und Blut (die Gefäßwandungen sollen unberücksichtigt bleiben) dieselbe geblieben, so könnte der Druck als hinzugekommener Faktor noch eher in Betracht kommen. Nun ist aber in Folge desselben Drucks die organische Berührungsfläche selbst zusammengepreßt, namentlich aber eine Verkleinerung des Durchmessers der Capillargefäße (sowohl der Haut, als der

Lungen), somit eine Verkleinerung der der Luft ausgesetzten Flüssigkeitsfläche gegeben, wodurch das auf Rechnung des Drucks kommende relative plus von Sauerstoffaufnahme, wenn es überhaupt besteht, immerhin ein in absoluter Richtung wesentlich vermindertes Schlußergebniß bieten muß.

Man hat bis jetzt meines Wissens keine unmittelbaren Versuche über die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs gemacht, wohl aber über die quantitativen Verhältnisse der durch die Lungen ausgehauchten Kohlensäure, aus deren Menge immerhin auf die quantitative Einverleibung von Sauerstoff zurückgeschlossen werden kann. Es liegen aus neuester Zeit Messungen der in comprimierter Luft ausgeathmeten Kohlensäure von den öfters erwähnten eifrigen Forschern v. Bivenot und G. Lange vor. Leider sind auch sie größtentheils bei möglichst forcirten In- und Expirationen angestellt. Sie fanden bei Erreichung des Druckmaximums der Glockenluft „fast constant“ eine Steigerung, nach einstündiger Dauer desselben aber eine merkliche Verminderung der Kohlensäuremenge im Vergleich mit derjenigen, welche bei gleichem Verfahren vor der Sitzung gefunden worden war. Es handelte sich dabei um einzelne gewaltsame Ausathmungen nach vorangegangener größtmöglicher Lungenfüllung, nicht aber um die Vergleichung von Respirationszeiten. Lange hat übrigens, in richtiger Würdigung des Hauptfragepunkts, sich bemüht, die Quantität der ausgeathmeten Kohlensäure auch bei

gewöhnlichen Athembewegungen an sich selbst zu ermitteln und den Versuch auf eine gewisse Zeit auszudehnen. Er athmete vor, während und nach dem Bad je zehnmal in den Spirometer aus mit möglichster Einhaltung der gewohnten Athmungsexursionen. Auch bei dieser „kleinen Versuchsreihe“ zeigte sich, daß die Kohlensäuremenge, auf eine Minute berechnet, während der Druchhöhe etwas größer ist, als vor der Sitzung. Die Franzosen Hervier und St. Lager (das Original ihrer Arbeit war mir bis jetzt nicht zugänglich) fanden bis zu einem gewissen Ueberdruck eine Steigerung, über ihn hinaus eine Verminderung, nach dem Bad wieder eine angeblich mehrere Stunden dauernde Zunahme der Kohlensäureaushauchung. Letzteres fand Lange nicht bestätigt.

Man ersieht aus diesem kurzen Referat, daß die Akten über den Umfang des respiratorischen Gasaustausches in comprimierter Luft noch nicht abgeschlossen sind und daß der von Vielen gleichsam als selbstverständlich aufgestellte Satz, daß der Organismus in comprimierter Luft unter allen Umständen mehr Sauerstoff aufnehme, vorerst mit Vorsicht entgegenzunehmen ist. Man darf, neben andern Bedenken, wohl auch daran erinnern, wie schwer es ist, in einen Apparat hinein mit der „gewöhnlichen“ Ruhe und Unbefangenheit zu athmen, und wie ein Valentin, Vierordt sich abmühen mußten, bis es ihnen gelungen ist. Wir werden übrigens diesem Fragepunkt später noch einmal begegnen.

Daß die Blutbewegung und Herzthätigkeit in comprimirter Luft nicht unberührt bleibt, läßt schon der bedeutende Einfluß der Respirationsbewegungen auf jene erwarten. Die Herzbewegungen werden nach allen Beobachtungen in der Regel seltener, auch abgesehen von der durch das ruhige Sitzen zu erwartenden Verlangsamung. In der Regel ist jedoch diese Wirkung mäßig; bedeutendere Herabsetzungen der Pulszahl sind nur selten verzeichnet. Daß aber sowohl die Spannung, als die räumliche Vertheilung der Blutmasse eine merkliche Modification erleiden muß, liegt auf der Hand. Wir haben gesehen, daß in Folge der unmittelbaren lokalen Druckwirkung das Blut von den einen so großen Quadratraum einnehmenden Berührungsflächen, nämlich der ganzen Oberfläche des Körpers und den die Respirationswege auskleidenden Membranen mehr oder weniger weggedrückt wird. Es muß sich in andern Körperprovinzen mehr anhäufen, sie müssen relativ congestionirt werden. Die Perspiration durch Haut und Lungen ist wahrscheinlich vermindert, worüber exacte Untersuchungen noch fehlen. Dem gegenüber sollten andere, innere Absonderungen aus dem Blut gesteigert seyn. Die Erfahrung lehrt nun, daß Congestionen irgendwie schwerer Art weder subjectiv, noch objectiv sich bemerklich machen. Wird etwa das Herz obruirt? Herzranke fühlen weniger Klopfen und Beengung, häufig merkliche subjective Erleichterung, so daß gerade auch bei Personen mit organischen Herzfehlern die comprimirte Luft eine entschiedene,

wenigstens temporäre und palliative Hülfe brachte. Lutschef fand den verlangsamten Puls „voller“; die Meisten schweigen über Spannung und Umfang desselben, sprechen überhaupt nur von der — mäßigen — Verlangsamung. Nach Bertin wird der Puls nicht selten (?) schon von dem ersten Bad an um 12—15 Schläge vermindert und bleibt so auch in den Zwischenzeiten, er wird bei Entzündungen, hypersthenischen Zuständen zugleich abgespannt, geschmeidig (*souple*).

Da die Einathmung durch Aspiration des venösen Bluts nach dem rechten Herzen den Lauf des ersteren beschleunigt, so kann in jenen (seltenen?) Fällen, wo die Inspirationen tiefer als gewöhnlich werden (s. oben), der venöse Blutlauf augenblicklich eine stärkere Anregung erfahren, welche Wirkung aber durch den Umstand, daß die Inspirationen dann um so seltener sind, zu keiner nachhaltigen wird. Ja diese Förderung des venösen Blutumlaufs durch die Athembewegungen vermittelt der Aspiration wird und muß in comprimierter Luft stets geringer seyn, als unter gewöhnlichen Verhältnissen, weil die mechanischen Athmungsexursionen in der Zeiteinheit einen kürzeren Gesamtweg zurücklegen, so leicht oder tief auch die einzelnen Athemzüge seyn mögen.

Auch eine stärkere Blutanhäufung im Darmkanal ist weder aus den Symptomen zu erschließen, noch an sich wahrscheinlich. Die hinter der leicht beweglichen Bauchwand gelegenen Darmgase werden alsbald eine derjenigen der

äußern Luft gleichkommende höhere Spannung annehmen und ihrerseits comprimirend auf die Capillaren der Darmwandungen wirken.

Für eine Hyperämie der Nieren könnte der Umstand sprechen, daß nach einigen Beobachtern die Urinmenge vermehrt ist, womit nach Versuchen von J. Lange (in Uetersen) eine Vermehrung des Harnstoffs, dagegen eine sehr merkliche Verminderung der Phosphate gegeben seyn soll. Bertin hat selten eine größere Menge (ebenso Sandahl), aber häufig eine blässere Färbung des Urins constatirt. Er meint, die langsamere Circulation lasse im Allgemeinen keine bedeutende Vermehrung der Secretionen erwarten.

Von der Leber, der Milz, den Geschlechtstheilen weiß ich nichts beizubringen.

Eine bedeutendere, nach Umständen bedenkliche Hyperämie könnte am ehesten für das Gehirn, Rückenmark und ihre Hüllen befürchtet werden, sofern sie durch ihre Lage in starren, geschlossenen Knochenbehältern dem unmittelbaren die Capillaren verengenden Luftdruck am meisten entrückt sind, dem secundären Druck des weggedrückten Bluts aber am wenigsten ausweichen oder nachgeben können. Die Beobachter stimmen aber darin überein, daß schwerere, oder auch nur lästige Kopfsymptome (von den Anfangs erwähnten, ziemlich bedeutungslosen Gehörstörungen abgesehen) nicht leicht vorkommen. Dennoch dürfte unter etwaigen Contraindicationen die Neigung zu Apoplexie, der Verdacht atheromatöser Gefäßentartungen obenan stehen.

Eine Hauptursache des Mangels an störenden Nebenwirkungen congestiven Charakters liegt wohl in der größeren Ruhe des Blutlaufs überhaupt. Außerdem drängt sich die Frage auf, ob nicht eine Volumsverminderung der Gesamtblutmasse causalen Antheil an diesem Resultat hat? Das Blut enthält Gase, theils in freiem, theils in schwach gebundenem Zustand; es ist daher einer größeren Volumsverminderung durch äußern Druck fähig, als eine gaslose Flüssigkeit. Da nun aber das Gesamtblut in weniger als einer Minute zweimal durch die Lungen läuft, wo es dem Druck der Atmosphäre nahezu unmittelbar ausgesetzt ist, da außerdem ein beträchtlicher Theil desselben beständig über die ganze Körperoberfläche vertheilt ist, wo es denselben Druck erleidet, während ein anderer in den weiten Räumen der Darmwand der gleich starken Spannung der Darmgase ausgesetzt ist, so ist klar, daß die Spannung der Blutgase sich in kürzester Frist der Spannung des den Körper umgebenden gasförmigen Elements accommodiren, mit ihr steigen und fallen und während der Druckhöhe permanent eine stärkere seyn muß. Damit ist nothwendig eine Volumsverminderung der Blutmasse im Ganzen (mit Vermehrung des spezifischen Gewichts) gegeben. Sie wird diese Gedrungenheit auch da kaum einbüßen, wo sie dem äußern Druck auf Augenblicke mehr entrückt ist, wie in der Schädelhöhle. — Ich bemerke bei dieser Gelegenheit nachholend, daß diese alsbald eintretende und permanente Gleichstellung der Spannung in dem

Blut mit seinen Gasen einerseits und in der Atmosphäre andererseits gewiß auch bei der Schätzung des Gasaustausches in den Lungen ein wohl zu beachtendes Moment ist, daß namentlich eine „Differenz“ der Spannung zwischen Luft und Blut, resp. ein Uebergewicht auf Seiten der ersteren, wenn es etwa zu Gunsten der hypothetischen Mehraufnahme von Sauerstoff geltend gemacht werden wollte, als bestehend nicht anzuerkennen ist.

Die gleichzeitig mit der Beschränkung der mechanischen Athmungsfunctionen eintretende Verlangsamung des Blutlaufs und Mäßigung der Herzbewegungen ist als therapeutisches Moment nicht das geringste in der Kette der durch comprimirt Luft zu erzielenden Wirkungen. Sie ist wichtig genug gegenüber der so viele Lungenkrankheiten begleitenden und erschwerenden Gefäßreizung, ebenso gegenüber jenen Aufregungszuständen, die bei manchen constitutionellen Krankheiten als Haupthinderniß einer besseren Blutbildung und Ernährung anzusehen sind (s. unten). Nicht minder ist sie zu schätzen bei den durch Krankheiten des Herzens selbst, auch organischen Veränderungen bedingten Reizungszuständen. Es wird dem kranken Organe relative Ruhe bereitet, eine Ruhe, welche über die Zeit der Sitzung hinausreicht und zur Sistirung der unter dem gewöhnlichen heftigeren Drang der Blutwelle stets zunehmenden Defecte, zur Resorption krankhafter Produkte, zu

kräftigerer Ernährung, zu compensatorischen Umwandlungen mehr Zeit und Freiheit gewährt. Die Literatur ist reich an glaubwürdigen Zeugnissen für die Heilwirkung der comprimierten Luft auch in dieser Richtung.

Wir wollen die hieher bezüglichen gegentheiligen Wirkungen der verdünnten Luft nicht wiederholen und nur Folgendes ergänzend bemerken. Auch in verdünnter Luft wird und muß die Spannung der Blutmasse mit ihren Gasen sich der Spannung der Atmosphäre alsbald conform gestalten; es muß daher, statt einer Verminderung, vielmehr eine Vergrößerung des Volums der Gesamtblutmasse eintreten, eine Art von Aufblähung, welche, mitsammt der größeren relativen Congestion zu den Berührungsflächen (Zungen und Haut), das Ihrige zur Entstehung jener capillären Blutungen beitragen mag, welche auf hohen Bergen vielfach beobachtet worden sind.

Wenn wir schließlich zu den Wirkungen der systematischen Anwendung von comprimierter Luft auf den Gesamtorganismus übergehen, so kommt hier zuerst die Frage am passendsten zur Erledigung, ob denn das Alles, was wir oben über Veränderung einzelner Organe und Systeme mitgetheilt, sich auch über das „Bad“ hinaus erstreckt, weil natürlich nur bei einer nachhaltigen

Wirkung wirkliche Heilung oder Besserung von Krankheitszuständen zu erwarten ist, ja auch bei bloß palliativen Erfolgen, wo es sich etwa um solche handeln würde, doch immer ein Gewinn auch über die Sitzung hinaus beansprucht werden wird.

Daß die unter Anwendung willkürlich gesteigerter Athemzüge erlangten Resultate in Betreff der Lungen-Capacität und der Athemfrequenz eine merkwürdige Permanenz haben, geht aus Obigem hervor. Daß das Seltenerwerden der Athemzüge auch bei eingehaltener Ruhe des Organs mehr oder weniger anhält und nach jedem Bad — bis zu einer gewissen Grenze — zunimmt, bestätigt u. A. Sandahl. Außerdem ist aber durch eine Menge von glaubwürdigen Beobachtungen festgestellt, daß auch die durch die Bäder erlangte freiere, behaglichere Respiration, die Beschränkung der catarrhalischen Reizungen und Secretionen, der Heiserkeit, der Neigung zu Bluthusten, zu krampfhaftem Asthma, sowie der durch Herzkrankheiten bedingten Beschwerden mehr oder weniger eine anhaltende ist, und daß oft genug Heilung oder wesentliche Besserung eintrat unter Umständen, wo andere Methoden versagt hatten oder nicht die gleichen Erfolge hätten erwarten lassen.

Eine ziemlich allgemeine Beobachtung von größter Wichtigkeit ist, daß die Kranken beim Gebrauch der Bäder in comprimierter Luft mehr Appetit bekommen, ferner an Körpergewicht und Muskelkraft zunehmen, was durch Wägen, Hebung von Gewichten zc. vielfach in

exacter Weise constatirt wurde. Anämische, insbesondere chlorotische, marastische, dann scrophulöse, rhachitische Individuen werden während der Kur, bei zunehmender Eblust, blühender, können besser gehen, steigen, tragen; Haut und Fleisch wird derber; leichte Odeme schwinden. Ja, wenn man die begeisterten Beschreibungen liest, die ein Vertin, Pravaz von dem vortrefflichen Gesamtgeheissen ihrer mit den verschiedensten chronischen Leiden behafteten Kuranden, namentlich auch von kindlichem Alter, machen, so wird man zwar geneigt seyn, Manches auf Rechnung persönlicher Befangenheit zu bringen, aber doch bei der Masse detaillirter Berichte zu der Ueberzeugung gelangen, daß die fragliche Methode nicht nur keine bedenklichen Nebenwirkungen und Folgen hat, wie das bei manchen andern Kurmitteln der Fall ist, sondern daß sie, neben den mehrbesprochenen, mehr localen Wirkungen in der Regel eine bessere Ernährung und Kräftigung des Gesamtkörpers zur Folge hat, ein Ergebnis, das an und für sich schon die therapeutische Verwerthbarkeit der Methode zu einer sehr umfangreichen macht.

Diese Zunahme an Massenhaftigkeit und Leistungsfähigkeit der festen Elemente des Organismus mag theilweise unmittelbar dem verdichtenden Druck zu verdanken seyn, dem der Gesamtkörper (incl. der Gelenke) ausgesetzt ist; hauptsächlich aber ist sie Folge der sedativen Wirkung, welche die comprimirte Luft auf die Respirations- und Circulationsbewegungen ausübt. Der mit diesen Bewegungen

gegebene, durch sie vermittelte und bedingte, keinen Augenblick unterbrochene Verbrauch von Kraft und Material wird wesentlich beschränkt, während der Stoffansatz und mit ihm der Gewinn an Kraft gleichzeitig gehoben wird. Diese bessere Ernährung und Kräftigung wird sich daher in den genannten und ähnlichen cachectischen und dyscrasischen Zuständen besonders dann bemerklich machen, wenn dieselben von erethischen Erscheinungen, von Aufregungszuständen congestionellen oder nervösen Charakters begleitet sind, sofern gerade diese die bessere Ernährung wesentlich hemmen und durchkreuzen, durch fortgesetzten Gebrauch der comprimirten Luft aber beseitigt oder gemildert werden. Das muß sich namentlich auch in der Metamorphose des kranken Lungengewebes geltend machen, wie schon früher angedeutet wurde. Wenn ein Kranker mit gereizten, congestionirten, den Ausgangspunkt schmerzhafter Empfindungen und Reflergbewegungen bildenden Lungen durch den Gebrauch der comprimirten Luft jene relative Bewegungsruhe im Athmen und Blutlauf gewinnt, neben welcher der instinctiv geforderte Gasaustausch in unverkürztem Maaße vor sich geht, so muß ihm nicht nur eine subjectiv wohlthuende Befriedigung und Erholung werden, sondern es ist dem kranken Organ selbst Zeit und Gelegenheit geboten, durch geordneteren, weil weniger und seltener perturbirten, Stoffwechsel eine Rückbildung seiner Gewebe zum normalen Ernährungsmodus zu erreichen. Wie ein wundtes Glied in der Ruhe eher heilt,

so wird eine kranke Lunge, wenn sie *ceteris paribus* weniger geübt wird, leichter und schneller zur Norm zurückkehren.

Man wird, wenn man diese allgemeinen Wirkungen in Verbindung mit den früher näher besprochenen mehr örtlichen überblickt und sich dann nach analogen Erscheinungen in der Reihe der physiologischen Wechselzustände des Organismus umsieht, ohne Zwang auf eine Vergleichung des Lebens in comprimirter Luft mit dem Leben im Schlaf verwiesen. Ich will es nicht betonen, daß unter der Glocke häufig eine große Schlafneigung Platz greift, da die ruhige Haltung und Langeweile einen — schwer bestimmbar — Antheil daran haben mag und da außerdem Andere vielmehr ein erhöhtes geistiges Leben beobachtet haben wollen. Aber auch im Schlaf sind die Athmungs- und Blutlaufsbewegungen verlangsamt (mit überwiegender Füllung des venösen Systems), während gleichzeitig die Kräfte zunehmen und der Stoffansatz ungestörter vor sich geht, sofern wenigstens der Gewichtsverlust geringer ist, als im wachen Zustand.

Wir haben oben gesehen, daß die quantitativen Verhältnisse des Gasaustausches in comprimirter Luft noch keineswegs festgestellt sind und daß die Annahme einer vermehrten Sauerstoffzufuhr, zu welcher die Schriftsteller so geneigt sind, nicht ohne Weiteres gebilligt werden kann. Daß der Körper beim Gebrauch der Bäder besser genährt wird, schließt natürlich nicht aus, daß auch der Gasaus-

tausch, die „Verbrennung“ gesteigert sehn könnte. Wir kehren von einem mit ausgiebiger Bewegung verbundenen längeren Aufenthalt in guter Landluft blühender und gewichtsreicher zurück, obgleich die Verbrennung von Blut und Geweben in unserem Körper entschieden umfänglicher war als in gleichen Zeiten des gewöhnlichen Lebens. Der Stoffwechsel war im Ganzen gesteigert, aber zu dem größeren Verlust kam ein noch größerer Gewinn. Jener größere Verlust kam aber wesentlich zu Stande durch größere Anstrengung der willkürlichen Muskelkräfte und durch die damit gegebene gesteigerte In- und Ex- und Erregbarkeit unserer Respiration- und Herzbewegungen. Zu letzterer steht nemlich die Quantität des Gasaustausches (sowohl zwischen Blut und Atmosphäre, als zwischen Blut und Geweben), dieser Gradmesser der Verbrennung, in directem Verhältniß. Dieses Gesetz ist namentlich durch vergleichende Untersuchungen verschiedener Thierklassen und Arten, sowie verschiedener physiologischer Körperzustände genügend festgestellt worden. (Vgl. u. A. Ludwig Physiol. 2. Ausgabe II. S. 525 u. 724. Auf das Fieber ist der Satz nicht ohne Weiteres anwendbar: vgl. Wachsmuth im Archiv für Heilk. 1865 S. 193 fg.) Nach Bierordt nimmt die absolute Kohlensäuremenge zu, wenn man die Zahl der Athemzüge willkürlich vermehrt bei gleichbleibender Tiefe oder die Tiefe vermehrt bei gleichbleibender Zahl. Wenn wir nun bedenken, daß beim Gebrauch der comprimierten Luft gerade die zeitliche und räumliche Beschränkung der Athmungsexursionen und

die Verlangsamung der Herzbewegungen so constante Erscheinungen sind (Erscheinungen, die, wie gesagt, sich daraus einfach erklären, daß die Luft, weil sauerstoffreicher, in kleinerer Quantität verbraucht wird, also auch beschränkere Bewegungen fordert), so muß es auf den Grund des gleichen Gesetzes gestattet seyn, jener Annahme eines vermehrten Gasaustausches und einer gesteigerten Verbrennung in comprimierter Luft mit Zweifeln entgegenzutreten.

Mit „vermehrter Verbrennung“ ist eine, wenn auch unter physiologischen Verhältnissen noch so unbedeutende Steigerung der Körperwärme verbunden. In comprimierter Luft könnte der Umstand, daß auf den (blutärmeren) Berührungsflächen offenbar die „Abkühlungs“-Momente als herabgesetzt anzunehmen sind, seinerseits eine minimale Steigerung der Innenwärme erwarten lassen. Statt dessen hat J. Lange, mit Messungen unter der Zunge, in der Mehrzahl der Fälle eine geringe, aber bemerkbare Abnahme der animalischen Wärme in der Glocke gefunden. Er giebt bei einem Individuum 7, bei einem andern 47 Messungen, je vor und nach den genommenen Bädern. In diesen 54 Fällen war die Wärme nach dem Bad 8 mal gleich, 4 mal höher (um 0,1 bis 0,2° C.) und 42 mal niedriger (um 0,1 bis 0,3° C.) als vor dem Bad. Diese unbedeutende Erniedrigung, die ohnedieß noch weiterer Versuchsreihen zur Bestätigung bedarf, kann nun immerhin durch die eingehaltene Körperruhe mitbedingt seyn, spricht aber jedenfalls eher gegen, als für eine gesteigerte Verbrennung und

bietet vielleicht eine weitere Parallele zu den Wirkungen des Schlafes, in welchem die Körperwärme gleichfalls herabgesetzt ist.

Entschieden muß man sich aber gegen Theorien erklären, welche aus einem solchen, bis jetzt unerwiesenen, ja unwahrscheinlichen Verbrennungs- und Stoffwechselprocesse nicht nur alle Heilwirkungen der comprimierten Luft ableiten, sondern ihm zu lieb auch die einfachen physiologischen Thatsachen ignoriren und mißdeuten. Wenn Pravaz sen. (der Sohn ähnlich) von ausgedehnterem Athmungsproceß mit vermehrter Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung, wodurch die kranke Materie verbrannt wird, von verlangsamter arterieller, aber gesteigerter venöser Circulation spricht, welch' letztere eine Folge der stärkeren Aspiration im rechten Herzen sey und zur Heilung venöser Stasen in der Pfortader, dem Gehirn und Rückenmark, den Gliedern und dem Uterinsystem führe, wenn er sogar einen vermehrten Blutandrang gegen die Lungen annimmt, so sind das theils unerwiesene, theils mit den exacten Beobachtungen geradezu in Widerspruch stehende Phantasien. Pravaz spricht dabei, von den Widersprüchen Umgang nehmend, vielfach von der „sedativen“ Wirkung der comprimierten Luft und sucht sie nach Umständen auszubenten. Es führt das schließlich — Alles auf den Grund der gesteigerten und verbesserten Hämatoxe — zu einer Universalisirung der Methode, welche an die vielmaschigen, fast für alle Krankheiten ein Unterkommen bietenden Pro-

gramme mancher Brunnen, Mollen-, Kaltwasser- u. s. w. Anstalten erinnert, aber dem Credit der Methode nicht eben förderlich ist.

Wir müssen übrigens die Sauerstofffrage noch von einer anderen Seite in Kürze beleuchten. Wenn auch eine vermehrte Verbrennung von Blut und Geweben als Folge des kumäffigen Gebrauchs der comprimirten Luft unter gewöhnlichen Umständen weder erwiesen, noch wahrscheinlich ist, so fragt sich doch, ob nicht die Combination des Athmens in comprimirter Luft mit gleichzeitigen gymnastischen Anstrengungen der Muskeln überhaupt und der Athmungsmuskeln insbesondere, wie in mechanischer Richtung (s. oben), so auch in chemischer Erfolge erzielen läßt, die weiter gehend und anderer Art sind, als die Erfolge der gleichen in normaler Luft vorgenommenen Uebungen. Da in comprimirter Luft zur Befriedigung des individuellen Sauerstoffbedarfs ein viel kleineres Maaß von Athmungsexursionen in der Zeiteinheit erforderlich ist, so wird eine willkürliche (entweder unmittelbare oder durch anderweitige Körperbewegungen provocirte) Steigerung der Athmungsexursionen hier, so gut als in normaler Luft, einen vermehrten Gasaustausch und Stoffumsatz veranlassen, nur mit dem Unterschied, daß in comprimirter Luft ein absolut kleineres Maaß von Excursionen dasselbe Resultat liefert, wie ein absolut größeres in einer Atmosphäre von gewöhnlicher Spannung. Wenn ich in comprimirter

Luft nur ebenso oft und ebenso weit ein- und ausathme, als ich es in normaler Luft gewohnt bin, so leiste ich durch diese Arbeit weit mehr, als mein natürlicher, instinctiver Sauerstoffbedarf erfordert; die Folge wird aber seyn, daß ich, gerade wie in den oben citirten Bierordt'schen Versuchen für normale Luft, mehr Kohlensäure ausathme, resp. Sauerstoff verzehre, als wenn ich die willkürliche Steigerung unterlassen hätte. (Daher ist es auch begreiflich, daß Lange, wenn er in der Glocke möglichst gleich weite Excursionen machte, wie bei ruhigem Athmen außerhalb der Glocke, dort mehr Kohlensäure aushauchte, als hier [s. oben]). Der Cardinalpunkt zur Würdigung des therapeutischen Werths solcher Gymnastik in comprimirter Luft, im Vergleich mit entsprechendem Verfahren unter normalem Druck, liegt aber eben in dem Umstand, daß das gleiche Resultat in comprimirter Luft mit weit geringerer Muskelanstrengung erreicht wird, als in normaler Luft, daß, dem entsprechend, in comprimirter Luft die (willkürlich) vermehrte Sauerstoffaufnahme von einer geringeren Steigerung der Herzbewegungen, überhaupt von einer weniger großen Aufregung begleitet ist, als es bei demselben Maaß von Sauerstoffaufnahme in normaler Luft der Fall wäre; wozu noch kommt, daß dort in Folge der localen Druckwirkung eine Congestionirung der Lungen selbst nicht so leicht eintritt, als bei Ueberanstrengung in normaler Luft. Mögen diese Betrachtungen wenigstens die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf eine Modification

der Kuren in comprimirter Luft lenken, welche nach meiner Anschauung eine große therapeutische Tragweite hat.

Nach meiner Ansicht läßt sich nach den bis jetzt constatirten Thatsachen und auf den Grund ihrer unparteiischen Deutung nach den Gesetzen der Physiologie und Naturlehre als Hauptergebniß des systematischen Gebrauchs der comprimten Luft für den Gesamtorganismus aussprechen: eine, ohne Beeinträchtigung der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung mögliche und zu Stande kommende, wesentliche Verlangsamung und Beruhigung der das Athmen und den Blutlauf vermittelnden Bewegungen, womit eine ausgiebigere Ernährung und entsprechende Kräftezunahme der Körpergewebe mit reichlicherer Blutbildung Hand in Hand geht, außerdem aber gewisse locale Umwandlungen innerhalb des Respirationsapparats erreicht werden, welche in früheren Abschnitten des Näheren besprochen worden sind.

Titel einiger Schriften über comprimirte Luft, auf welche in der Abhandlung Bezug genommen ist:

Pravaz (père): Mém. sur l'emploi de la compression au moyen de l'air comprimé dans les hydrarthroses etc. Lyon 1843.

— Essai sur l'emploi méd. de l'air comprimé. Lyon 1850.

Bertin: Etude clinique de l'emploi et des effets du bain d'air comprimé etc. Paris 1855.

— Guérison de l'emphysème vésic. etc. Montpellier médical. 1860. vrgl. Arch. gén. d. Méd. 1861. Vol. 1 p. 101.

Pravaz (fils): Des effets physiol. et des applic. therap. de l'air comprimé. Lyon 1859.

— de l'emploi de l'air comprimé dans le trait. des difform. du thorax. Lyon 1863.

v. Bivenot: Ueber den Einfluß des veränderten Luftdrucks u. s. w. Virchow's Archiv 1860. XIX. Bd. Heft 5 u. 6.

— Ueber die therap. Anwendung u. s. w. Wochenblatt der Zeitschrift der Ges. der Aerzte zu Wien. 1862. Nr. 28 fg.

— Ueber den Einfluß des verstärkten und verminderten Luftdrucks u. s. w. Dieselbe Zeitschrift 1865. Nr. 3 (auch Separatabdruck).

Sandahl: Ueber die Wirkung der verdichteten Luft zc., aus einer schwedischen Zeitschrift referirt in Schmidt Jahrb. 1863. Nr. 11, S. 122.

Luttschek: Die comprimirte Luft als Heilmittel. Bayr. ärztl. Intellig.-Blatt 1862. Nr. 18 fg.

J. Lange: Ueber comprimirte Luft zc. Göttingen 1864.

G. Lange: Der pneumatische Apparat zc. Wiesbaden 1865.

I MA 67

